

УДК 615.847.8

О.А. Малий, студент гр. ПБ-392мп, М.Ф. Терещенко к.т.н., доцент,  
КПІ ім. Ігоря Сікорського

## АВТОМАТИЗОВАНА МАГНІТОТЕРАПЕВТИЧНА СИСТЕМА

**Анотація.** Автоматизована система магнітотерапії (АСМ), часто використовує дію магнітного поля на біологічні тканини (БТ), як з лікувальною метою для покращення метаболізму людини в зоні дії магнітного поля, так з метою стимуляційного впливу на ліки і БТ для проникнення фармацевтичних речовин (ФР) в середину біологічної тканини. Досліджена отримана математична модель і встановлено теоретична залежність проникнення різних ФР від параметрів діючого магнітного поля та часу проникнення лікарського засобу через шари біологічної тканини. Мета дослідження – розвиток неінвазивного методу введення лікарських засобів та порівняння результатів експерименту і обрахунку залежностей глибини проникнення і часу дії магнітного поля.

**Ключові слова:** магнітне поле, фармацевтичних речовин, трансдермальна доставка.

## ВСТУП

На організм людини багато природних факторів має вагомий вплив. Магнітне поле не є винятком. Під його впливом ми можемо спостерігати такі явища як: стимуляція параметрів кровообігу людини, розширення розмірів судин, зміна діапазону швидкостей протікання біохімічних та біофізичних реакцій. Магнітотерапія за своєю природою майже не має протипоказання. В якості діючого фактору використовуються постійні та змінні магнітні поля. Магнітотерапевтичні апарати (МТА) використовують в якості джерела магнітного поля і постійні магніти і індуктори з котушками. Найбільш перспективно використовувать автоматизовані системи відтворення високоточного магнітного поля в індукторах та систему зворотного зв'язку під час дії поля на біологічну тканину.

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета дослідження – використання автоматизованих магнітотерапевтичних систем для дослідження змін температурних параметрів біосередовищ при дії магнітного поля.

В рамках поставленої мети проведено:

аналіз та огляд методів і засобів відтворення магнітного поля; запропонована класифікація автоматизованих магнітотерапевтичних систем; розроблена математична модель взаємодії магнітного поля з біологічною тканиною; та проведені експериментальні дослідження по оцінці параметрів магнітного поля автоматизованих магнітотерапевтичних систем (АМТС) на температурних показників біосередовища.

В результаті досліджень була запропонована та опробована математична модель опису проникнення потоку ліків в біосередовище під дією енергії  $E \approx \Phi$  магнітного поля

$$J_s = \frac{K_m \cdot D_m}{-\frac{\tau}{t} \cdot \ln(1 - \exp(\frac{-\Phi \cdot F}{R \cdot (T(\tau))} \cdot \frac{u_k + u_{Na}}{u_k - u_{Na}}))} \cdot \Delta C_s \quad (1)$$

де  $J_s$  – значення притоку лікувальної речовини;

$K_m$  – параметри коефіцієнта розподілу ліків між розчинником і мембраною;

$D_{mi}$  – константи дифузії для ліків в мембрані;

$\Delta C_s$  – значення різниці концентрації по протилежним сторонам мембрани;

$\tau$  – стала часу відновлення мембрани;

$t$  – час дифузії в мембрані, яка пропорційна часу дії магнітного поля),

$\Phi$  – потік магнітного поля,

$F$  – стала Фарадея,

$R$  – універсальна газова стала,

$T(\tau)$  – температура,

$u_{Na}$  і  $u_k$  – потенціали концентрації іонів натрію і калію.

Отримана модель описує процес проникнення фармацевтичного препарату в біосередовище, що дозволяє прогнозувати час досягнення ушкодженої зони, та час дії даного препарату.

## МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

В процесі експерименту оцінювався вплив магнітних полів створених автоматизованою магнітотерапевтичною системою на термічні процеси в біосередовищі та отримані значення глибини проникнення ліків під дією магнітного поля. Розроблення експериментальної установки в складі АМТС, та виконання досліджень з послідовним моделюванням, аналізом отриманих результатів та математичними розрахунками.

На біологічну тканину наносився фармацевтичний препарат, і діяло змінне магнітне поле амплітудою по індукції від 1,0 мТл до 50 мТл та частотою (1-100,0) Гц.

На рис.1. приведена експериментальна установка в якій, як джерело магнітного поля, використовувалася автоматизована магнітотерапевтична система

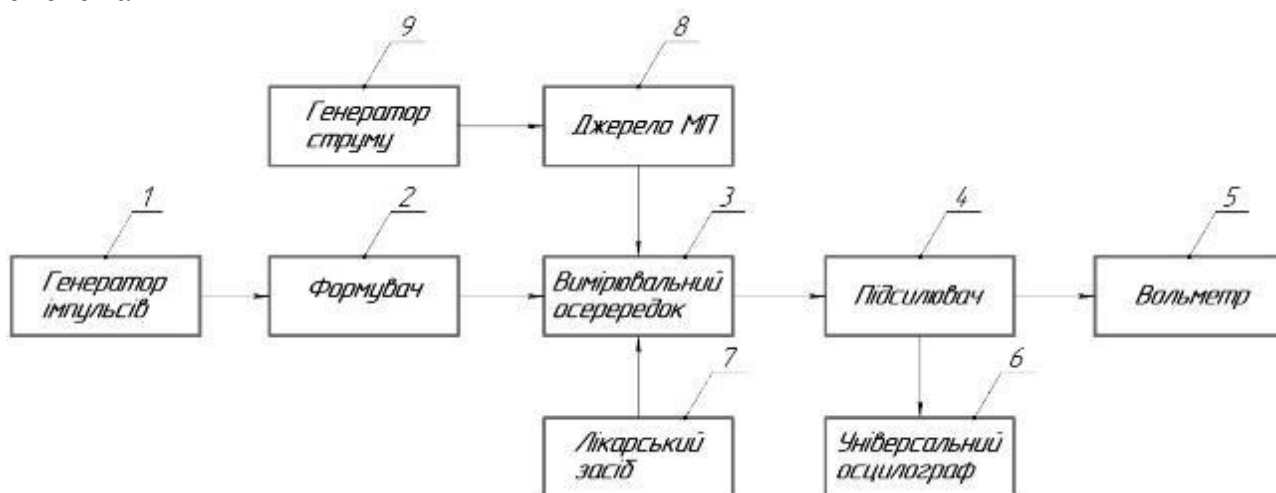


Рис.1 Експериментальна установка в складі автоматизованої магнітотерапевтичної системи

де 1 –багатофункціональний генератор сигналів;

2 –прецизійний формувач сигналу з комбінованими електродами;

3 –вимірювальна зона для біосередовища;

4 - підсилювач,

5 – вольтметр;

6 – універсальний осцилограф;

7 – лікарський засіб;

8 - автоматизована магнітотерапевтична система в якості джерела магнітного поля;

9 – генератор струму.

## ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТУ

В ході виконання замірів у роботі, була надана оцінка, щодо ефективності дії змінного магнітного поля з індукцією в 30 мТл на глибину проникнення лікарських засобів, протягом заданого часу - 15 хвилин.

Отриманні результати полягають у наступному:

а) глибина проникнення ФР під дією змінного магнітного поля (ЗМП) в 30 мТл прямопропорційна терміну впливу ЗМП (рис.2);

б) максимальна глибина проникнення розчинів йоду (I) до 4 см та брильянтової зелені ( $C_{27}H_{34}N_2O_4S$ ) до 3.5 см.

в) розрахунок теоретичної глибини проникнення  $h$  в біологічну тканину від значення індукції магнітного поля  $B$  виконаємо по, отриманій нами, емпіричній формулі

$$h = B \cdot t \cdot J_s \cdot \Delta C_s \cdot D_m / (R \cdot F \cdot \Delta u \cdot T(\tau)) \quad (2)$$

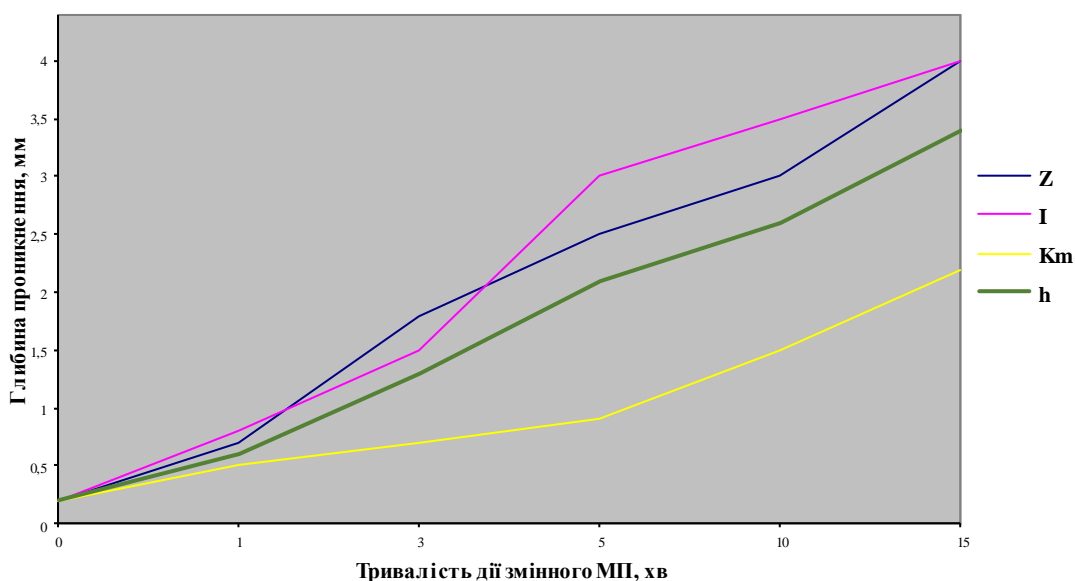


Рис.2. Глибина проникнення фармацевтичних речовин дії змінного магнітного поля за час  $t$  хв.

## ВИСНОВКИ

Таким чином, була розроблена автоматизована магнітотерапевтична система та експериментально отримані залежності глибини проникнення лікарських речовини від індукції та тривалості дії змінного МП.

Зростання часу дії та значень індукції змінного МП призводить до збільшення глибини проникнення ФР. При цьому для досліджуваних сполук ФР швидкість зростання суттєво різниця.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Терещенко М.Ф. Біофізика: практикум / М.Ф. Терещенко, Г. С.Тимчик, І.О. Яковенко. - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2019.- 288 с. <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/28227>
- [2] М.Ф. Терещенко, Г. С.Тимчик, В.Ю. Рудик, Т.О. Рудик, Високоточні джерела змінних магнітних полів: монографія. - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2020.- 156 с. ISBN 978-966-990-006-7 <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/35984>
- [3] Малий О.А., Лєсніков А.Г., Терещенко М.Ф., Яковенко І.О. Дія магнітного поля на параметри глибини проникнення фармацевтичних препаратів // Збірник праць XV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні » 10--11 грудня 2019 р, Київ, ПБФ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», — 2019.- 546 с. — С. 358-361
- [4] Цапенко В.В. Исследование параметров влияния электрических сигналов на эффективность введения фармакологических препаратов в биологическую ткань / В.В. Цапенко, Н.Ф. Терещенко // Новые направления развития приборостроения. Материалы 9–й Международной научно\_технической конференции молодых учёных и студентов в 2 томах, 20 – 22 апреля 2016 г., г. Минск, БНТУ. – 2016. – Том 1. – с.135.
- [5] О.А. Малий, М.Ф. Терещенко Автоматизована система магнітотерапії в трансдермальні доставці фармацевтичних речовин //Збірник праць XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “ПОГЛЯД У МАЙБУТНЄ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ”, 13-14 травня 2020р. К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2020. – С.218-221
- [6] Рудик В. Ю.Спосіб адаптивної магнітотерапії / В. Ю. Рудик, М. Ф. Терещенко, Т. О. Рудик // Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Серія : Приладобудування. - 2016. - Вип. 51. - С. 138–143.
- [7] М.Ф. Терещенко, Г. С.Тимчик, М.В. Чухраєв, А.Ю. Кравченко, Ультразвукові фізіотерапевтичні апарати та пристрої: монографія . Київ.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. ISBN 978-966-622-874-4, <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25501>.

*Наук. керівник – к.т.н., доцент. Терещенко М.Ф.*